

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-123801

(43)Date of publication of application : 08.05.2001

(51)Int.Cl.

F01D 5/02

(21)Application number : 11-300406

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 22.10.1999

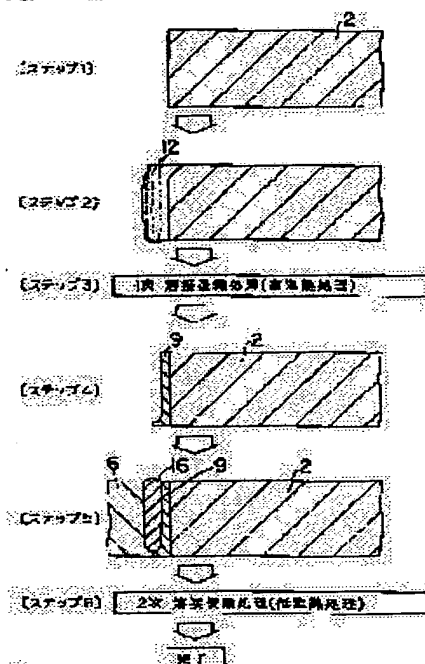
(72)Inventor : SHIGE TAKASHI
FUKUNAGA YOSHIKI
JO KATSUhide
UMAGOE RYUTARO
KONISHI SATORU

(54) TURBINE ROTOR AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a steam turbine rotor, gas turbine rotor and method of manufacturing them that can ensure performance of a welded joint, while ensuring base metal strength.

SOLUTION: This method of manufacturing a turbine rotor comprises a step of welding an overlay 12 of a 9% Cr steel to a 12% Cr steel 2, a step of applying high-temperature heat treatment to the overlay weld 12 and 12% Cr steel 2, a step of welding a 2-1/4 CrMoV low alloy steel 6 or 3.5 CrMoV low alloy steel 7 to the overlay weld 12, and a step of subjecting to low-temperature heat treatment for the entire rotor materials 2, 6 and 7. The rotor materials 2, 6 and 7 each contain vanadium.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

BEST AVAILABLE COPY

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-123801

(P2001-123801A)

(43)公開日 平成13年5月8日(2001.5.8)

(51)Int.Cl.⁷

F 0 1 D 5/02

識別記号

F I

F 0 1 D 5/02

テーマコード(参考)

3 G 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-300406

(22)出願日 平成11年10月22日(1999.10.22)

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 重 隆司

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72)発明者 福永 義昭

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74)代理人 100060069

弁理士 奥山 尚男 (外2名)

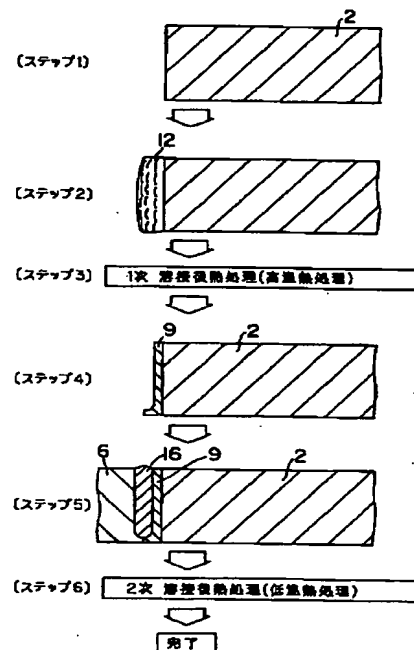
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タービン用ロータ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 母材強度を確保しつつ溶接継手の性能を確保できる蒸気タービン用ロータ、ガスタービン用ロータ、及びこれらの製造方法を提供する。

【解決手段】 12%Cr鋼2に溶接を施して9%Cr鋼の肉盛溶接部12を設けるステップと、この肉盛溶接部12と12%Cr鋼2に高温熱処理を施すステップと、上記肉盛溶接部12に2・1/4CrMoV低合金鋼6又は3・5CrMoV低合金鋼7を溶接して接合するステップと、これらのロータ材2、6、7の全体に低温熱処理を施すステップとを含んでなるタービン用ロータの製造方法である。これらのロータ材2、6、7にはそれぞれバナジウムを含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高温用ロータ材に肉盛溶接を施して中間材を設けるステップと、この中間材と高温用ロータ材に高温熱処理を施すステップと、上記中間材に低温用ロータ材を溶接して接合するステップと、これらの高温用ロータ材及び低温用ロータ材の全体に低温熱処理を施すステップとを含んでなるタービン用ロータの製造方法。

【請求項 2】 上記高温用ロータ材、低温用ロータ材及び中間材のそれぞれがバナジウムを含み、且つ、該中間材のバナジウム含有量が 0.1～0.3wt%であることを特徴とする請求項 1 に記載のタービン用ロータの製造方法。

【請求項 3】 上記高温用ロータ材として 12%Cr 鋼を、上記中間材として 9%Cr 鋼の溶加材からなる肉盛溶接部を、上記低温用ロータ材として 2・1/4CrMoV 低合金鋼又は 3・5CrMoV 低合金鋼を用いたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のタービン用ロータの製造方法。

【請求項 4】 請求項 1～3 に記載の方法によって製造したことを特徴とするタービン用ロータ。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のタービン用ロータを備えたことを特徴とするタービン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、タービン用ロータ及びその製造方法に関し、更に詳しくは、蒸気タービン用ロータ、ガスタービン用ロータ、これらのロータを備えたタービン、及びこれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の蒸気タービン用ロータを製造する場合に用いる材料は、その蒸気タービン内の温度分布に対する高温強度の観点から選定される。つまり、566℃を超える高温領域の温度分布の部位においては 12%Cr 鋼が、566～380℃の中間温度領域では 2・1/4CrMoV 低合金鋼が、380℃未満の低温領域では 3・5CrMoV 低合金鋼が用いられる。また、高温領域と中・低温領域が共存する環境では、高温領域に対応するため、図 7 に示す 12%Cr 鋼一体型のロータ 100 を用いねばならない。

【0003】しかし、12%Cr 鋼は高コストの材料であるため、蒸気タービン内の環境温度が中・低温の部位には、コストが安価な上記の低合金鋼を用い、温度が高温になる部位にのみ、高コストの 12%Cr 鋼を用いるように構成した異鋼種溶接ロータが望まれている。ここで、12%Cr 鋼と低合金鋼とを溶接して接合する場合、両者を溶接した後に施す溶接後熱処理によって、溶接部と熱影響部の硬さ、靱性、及び強度を適正に調整する必要がある。しかし、12%Cr 鋼の溶接後熱処理温度は、遅れ割れを防止するという観点から 660～670℃に設定しているのに対し、低合金鋼の溶接後熱処理

温度は 620～630℃であり、両者は一致しない。660～670℃で溶接後熱処理をすると、低合金鋼母材の強度が低下しすぎる問題があり、一方、620～630℃で溶接後熱処理をする場合には、12%Cr 鋼の熱影響部の硬さは Hv400 以上になる。この熱影響部の硬さが Hv330 以上になると、タービンの使用中に遅れ割れを生じるおそれがあるため、硬さを Hv330 以下にしなければならない。したがって、12%Cr 鋼と低合金鋼とを溶接する場合に、母材強度を確保し、溶接継手の性能を確保するのは難しく、従来は異鋼種の母材同士を溶接した異鋼種ロータの製造は困難であった。

【0004】一方、従来のガスタービン用ロータ 200 は、図 8 に示すように、図の左側に示す 12%Cr 鋼からなる複数のリング材 201 と、右側に示す低合金鋼からなる複数のリング材 202 とが長い結合ボルト 210 を介して結合したものである。しかし、大型のガスタービンの場合は、該タービンを構成するロータ 200 の稼働時に結合ボルト 210 にかかる応力が大きくなるため、結合ボルト 210 の強度上、限界があった。

20 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記課題を解決し、母材強度を確保しつつ溶接継手の性能を確保できる蒸気タービン用ロータ、ガスタービン用ロータ、及びこれらの製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係るタービン用ロータの製造方法は、その一態様として、高温用ロータ材に肉盛溶接を施して中間材を設けるステップと、この中間材と高温用ロータ材に高温熱処理を施すステップと、上記中間材に低温用ロータ材を溶接して接合するステップと、これらの高温用ロータ材及び低温用ロータ材の全体に低温熱処理を施すステップとを含んでいる。上記タービンは、例えば蒸気タービンやガスタービン等の種々のタービンが含まれる。高温用ロータ材は、566℃以上の高温領域においても、その高温強度が維持できるロータ材であり、例えば、12%Cr 鋼などを好適に用いることができる。また、低温用ロータ材は、566℃未満の中・低温領域において、強度上の問題なく用いることが可能な低合金鋼、例えば 2・1/4CrMoV 鋼や 3・5NiCrMoV 鋼を好適に用いることができる。中間材は、高温用ロータ材に溶接した肉盛溶接部であり、例えば、9%Cr 鋼を好適に用いることができる。高温熱処理は、中間材を肉盛溶接したあとの溶接後熱処理であり、例えば、660～670℃の温度で 30～40 時間保持する処理である。この高温熱処理は高温用ロータに適した溶接後熱処理であり、熱影響部の硬さを軟化させることができる。また、低温熱処理は、中間材に低温用ロータを溶接したあとの溶接後熱処理であり、例えば、620～630℃の温度で 30～40 時間保持する処理である。この

低温熱処理は、低合金鋼に適した溶接後処理であり、脱炭層を生じることなく、母材、継手とも適正強度、靱性を確保することができる。

【0007】本発明に係るタービン用ロータの製造方法の別の態様は、上記高温用ロータ材、低温用ロータ材及び中間材のそれぞれがバナジウムを含み、且つ、該中間材のバナジウム含有量が0.1～0.3wt%である方法を用いることができる。通常、Cr含有量の異なる複数の母材同士を溶接によって接合したのち、これらの母材と溶接部に溶接後熱処理を施すと、溶接部と母材との境界近傍で、Cr量が少ない母材側からCr量の多い母材側にCが移動するため、Cr量が少ない母材側に脱炭層が形成され、溶接継手の強度が低下することがある。しかし、本発明に係る中間材には0.1～0.3%のVを添加しており、VはCとの結合力がCrより強いことから、上記高温熱処理を行っても、母材側に脱炭層が生じることはない。

【0008】本発明に係るタービン用ロータの製造方法の更に別の態様は、上記高温用ロータ材として12%Cr鋼を、上記中間材として9%Cr鋼の溶加材からなる肉盛溶接部を、上記低温用ロータ材として2・1/4CrMoV低合金鋼又は3・5CrMoV低合金鋼を用いることができる。本発明に係るタービン用ロータは、上記の態様で説明した方法によって製造した異鋼種溶接ロータである。つまり、高温用ロータ材と、該高温用ロータ材に溶接した肉盛溶接部と、該肉盛溶接部に溶接して接合した低温用ロータ材とを備えている。上記ロータによれば、タービン内の温度分布に対して、最適な寸法、最適な鋼種（3種類以内）からなる部材を溶接結合することで、コスト面からも合理化が図れる。なお、本発明に係るタービンは、上記異鋼種溶接ロータを構成部材として備えている。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係るタービン用ロータ及びその製造方法について、図面を用いて詳細に説明する。

【第1の実施の形態】図1は、第1の実施の形態に係る蒸気タービン用ロータ1の断面図である。該蒸気タービン用ロータ1は、異なる鋼種からなる部材同士を溶接によって接合したものであり、中央に配設された12%Cr鋼部材2の両側に、中間材である溶接継手部3、4を介して低合金鋼部材6、7を接合したものである。図2は、図1における12%Cr鋼部材2と低合金部材6との溶接継手部3の拡大断面図である。この溶接継手部3は、中央側の12%Cr鋼部材2と、該12%Cr鋼部材2に肉盛溶接して側面側に開先10を加工した9%Cr鋼肉盛溶接部12と、該9%Cr鋼肉盛溶接部12の開先10と低合金鋼部材6の開先14との間に形成された間隙に設けられ、これらの9%Cr鋼肉盛溶接部12と低合金鋼部材6とを接合している溶接継手16とから

構成されている。なお、図1に示した溶接継手部4についても、これらと同様の断面構造をなしている。

【0010】次いで、第1の実施の形態に係る蒸気タービン用ロータの製造方法について、図3を用いて詳細に説明する。

ステップ1（母材の熱調質）

まず、第1の実施の形態に係る蒸気タービン用ロータ1を構成する母材を熱処理する。この母材は、高温域で用いる12%Cr鋼部材2、及び中・低温域で用いる低合金鋼部材である2・1/4CrMoV鋼部材6又は3・5NiCrMoV鋼部材7である。これらの母材に焼入れと焼戻しによる熱処理を施し、所定の強度と靱性を確保する。

ステップ2（9%Cr鋼溶加材の肉盛溶接）

次いで、高温の溶接後熱処理が必要な母材である12%Cr鋼部材2に、表3に示す仕様範囲の成分を有する9%Cr鋼溶加材を肉盛溶接する。この9%Cr鋼溶加材には、0.1～0.3wt%のVが含有されており、また肉盛溶接部12が適当な厚さになるまで複数回にわたり重ねて溶接することが好ましい。

【0011】ステップ3（高温熱処理）

その後、660～670℃の温度範囲で30～40Hに保持する溶接後熱処理を施す。この溶接後熱処理により、12%Cr鋼部材2の熱影響部の硬さをHv330以下に軟化させることができる。通常、Cr量の異なる複数の母材同士を溶接によって接合したのち、これらの母材と溶接部に溶接後熱処理を施した場合には、溶接部と母材との境界近傍で、Cr量が少ない母材側からCr量の多い母材側にCが移動するため、Cr量が少ない母材側に脱炭層が形成され、溶接継手の強度が低下することがある。しかし、第1の実施の形態に用いる9%Cr鋼溶加材には0.1～0.3%のVを添加しており、VはCとの結合力がCrより強いことから、表3の仕様範囲の化学成分を有する9%Cr鋼溶加材を12%Cr鋼部材2に肉盛溶接し、660～670℃×30～40Hの溶接後熱処理を行っても、母材側に脱炭層が生じることはない。

ステップ4（開先加工）

そして、12%Cr鋼部材2に溶接した9%Cr鋼溶加材の肉盛溶接部12に慣用の手段、例えば切削加工等によって開先10を加工する。

【0012】ステップ5（低合金鋼部材の接合）

次いで、低合金鋼部材6の端部にも開先14を加工し、該低合金鋼部材6の開先14と上記9%Cr鋼溶加材の肉盛溶接部12の開先10とを突合せ、これらの開先同士の間形成される空隙に、0.1～0.3wt%のVを含有する2・1/4CrMoV溶加材を用いてアーク溶接をし、溶接継手16を形成する。この2・1/4CrMoV溶加材の成分は、表3の仕様範囲に示すものが好ましい。

ステップ6（低温熱処理）

最後に、異鋼種溶接ロータ全体1を620～630℃×30～40Hの温度範囲で均一に加熱する溶接後熱処理を施す。この熱処理によって、低合金鋼部材6の強度を低下しない範囲で熱影響部を軟化することができる。

【0013】第2の実施の形態]次いで、第2の実施の形態では、ガスタービン用異鋼種溶接ロータについて説明する。図4は、第2の実施の形態に係るガスタービン用異鋼種溶接ロータ30の断面図である。図の左側に配設された複数のリング材32は12%Cr鋼であり、各々のリング材32は互いに供材溶接部33により結合されている。ここで、供材溶接とは、接合する母材同士の材質がお互いにはほぼ同等である母材に施す溶接をいう。また、右側の複数のリング材35は低合金鋼であり、これらも供材溶接部36により結合されている。そして、低合金鋼部40と12%Cr鋼41とを、上記第1の実施の形態において説明した接合方法と同じ手順で結合させており、この溶接継手部43によって各リング材40、41はより強固に結合している。

【0014】上記構成を有する第2の実施の形態に係るガスタービン用ロータ30によれば、それぞれのリング

材32、35同士の結合強度が大幅に向上するため、大型機のロータを製造することが可能になり、またロータの信頼性が大幅に向上する。なお、本発明は、上述した技術思想に基づいて種々の変形が可能であり、例えば、9%Cr鋼肉盛溶接部12に形成した開先10、及び低合金鋼6の開先14は、図2に示す形状に限定されず、その下部の形状を図6のように凹凸46に形成し、これらの凹凸46を互いに係合させても良い。

【0015】

10 【実施例】次に、実施例によって、本発明の内容を更に明確にする。本実施例においては、図3に示すように、第1の実施の形態において説明した製造方法のステップに従って異鋼種ロータを作製し、溶接部及びその近傍部の金属組織と機械的性質を検証した。まず、12%Cr鋼部材2、及び2・1/4CrMoV鋼部材6又は3・5NiCrMoV鋼部材7に焼入れと焼戻しによる熱処理を施し、所定の強度と靱性を確保した。これらの母材2、6、7の化学成分は表1に示すとおりであり、母材の熱処理条件は表2に示すとおりである。

20 【表1】

実施例1に用いた母材の化学成分(wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N
12%Cr鋼	仕様範囲	≤0.15	≤1.50	≤0.030	≤0.030	≤2.50	8.80 -12.50	0.50 -2.00	0.05 -0.25	≤0.09
	実施例	0.15	0.05	0.004	0.001	0.63	10.45	1.50	0.16	0.05
2・1/4CrMoV鋼	仕様範囲	0.15 -0.35	≤0.25	≤0.030	≤0.030	≤1.00	1.00 -2.50	0.80 -1.50	0.05 -0.30	-
	実施例	0.24	0.03	0.006	0.001	0.82	2.21	1.12	0.22	-
3.5NiCrMoV鋼	仕様範囲	≤0.36	≤0.15	≤0.030	≤0.030	2.50 -4.00	0.20 -2.50	0.30 -1.00	0.05 -0.25	-
	実施例	0.26	0.07	0.003	0.001	3.66	1.78	0.39	0.09	-

実施例1に用いた受入れ状態の母材の熱処理条件

	焼入温度(℃)	焼戻温度(℃)
12%Cr鋼	1070	675
2・1/4CrMoV鋼	900	630
3.5NiCrMoV鋼	840	620

次いで、12%Cr鋼部材2に、表3に示す分析値の成分を有する9%Cr鋼溶加材を肉盛溶接した。この9%Cr鋼溶加材には、0.18wt%のVが含有されてお*

り、また肉盛溶接部12が適当な厚さになるまで複数回にわたり重ねて溶接した。
【表3】

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
9%Cr鋼 肉盛溶接 溶加材	仕様 範囲	≤0.10	≤0.30	≤1.20	≤0.005	≤0.005	≤1.00	8.00 ~ 9.50	0.60 ~ 1.00	0.10 ~ 0.30	≤0.10
	分析 値	0.08	0.15	1.02	0.001	0.004	0.71	8.96	0.97	0.18	0.02
2・1/4 CrMoV鋼 溶加材	仕様 範囲	0.12 ~ 0.16	≤0.30	≤1.00	≤0.005	≤0.005	≤1.00	2.00 ~ 2.75	0.60 ~ 2.00	0.10 ~ 0.30	—
	分析 値	0.14	0.25	0.80	0.002	0.001	0.58	2.40	1.25	0.25	—

【0016】その後、660~670℃の温度範囲で30Hの溶接後熱処理（高温処理）を施した。この溶接後熱処理により、12%Cr鋼部材2の熱影響部の硬さをHv330以下に軟化させることができた。上記9%Cr鋼溶加材には0.18%のVを添加しているため、9%Cr鋼溶加材を12%Cr鋼部材2に肉盛溶接し、660~670℃×30Hの溶接後熱処理を行っても、母材側に脱炭層が生じることはなかった。そして、12%Cr鋼部材2に溶接した9%Cr鋼溶加材の肉盛溶接部12に切削加工によって開先10を加工した。次いで、

【0017】最後に、異鋼種溶接ロータ全体1を620~630℃×30Hの温度範囲で均一に加熱する溶接後熱処理（低温熱処理）を施した。この熱処理によって、

30

低合金鋼部材6、7の強度を低下しない範囲で熱影響部を軟化することができた。上記実施例によれば、2・1/4CrMoV鋼溶加材にもVを含有しているため、9%Cr鋼肉盛溶接部12との境界部で、脱炭層を生じることにはなかった。また、低合金鋼母材6、7にもVが添加されており、低合金鋼6、7側の溶接境界部でも脱炭層を生じることにはなかった。なお、ロータは回転体であり、溶接欠陥は許容されないため、溶接方法は、9%Cr鋼の肉盛溶接及び2・1/4CrMoV鋼溶加材による溶接ともにティグ溶接法を用い、超音波探傷試験法により、溶接欠陥のないことを確認した。溶接部の硬さ分布は図5に示すとおりであり、図5（a）に示した部位の硬度を測定し、図5（b）のグラフに記入した。このグラフによって、最高硬さはHv330以下であることを確認した。また、衝撃特性も表4に示すとおり、母材規格値を十分満足する結果を得た。継手引張強度も、表5に示すとおり、異鋼種溶接ロータに必要な強度レベルを満足した。また、12%Cr鋼部材及び低合金部材の強度、衝撃特性はそれぞれの母材規格値を十分満足した。

40 【表4】

実施例1における溶接及び溶接後熱処理完了後の

母材及び溶接部の衝撃特性

		室温における吸収エネルギー (J)	50%破面遷移温度 (℃)
12%Cr鋼	仕様値	≥20	≤80
	母材	120	0
	熱影響部	225	-28
2・1/4CrMoV鋼	仕様値	≥20	≤80
	母材	215	-75
	熱影響部	180	-120
3. 5NiCrMoV鋼	仕様値	≥50	≤-1.1
	母材	220	-100
	熱影響部	250	-150
9%Cr鋼肉盛溶接金属	仕様値	≥20	≤80
	実測値	250	-60
2・1/4CrMoV鋼 溶接金属	仕様値	≥20	≤80
	実測値	235	-80

【表5】

実施例1における溶接及び溶接後熱処理完了後の母材及び溶接継手の引張特性

			0.2% 耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
母 材	12%Cr鋼	仕様値	≥680	≥850	≥16	≥45
		実測値	770	910	18	61
	2・1/4CrMoV鋼	仕様値	≥700	≥750	≥15	≥40
		実測値	730	854	20	73
	3. 5NiCrMoV鋼	仕様値	≥700	≥750	≥15	≥40
		実測値	720	822	17	77
溶 接 継 手	12%Cr鋼 + 2・1/4CrMoV鋼	仕様値	≥600	≥740	—	—
		実測値	650	779	—	—
	12%Cr鋼 + 3. 5NiCrMoV鋼	仕様値	≥600	≥740	—	—
		実測値	674	817	—	—

【0018】

【発明の効果】本発明に係る異鋼種溶接ロータは、12%Cr鋼部材、低合金鋼部材ともに、十分な特性を確保しており、溶接部も健全で実用が可能である。また、異鋼種溶接ロータは溶接による接合を採用しているため、タービン車室内の温度分布に応じて部材長さの調節が可能であり、不必要に高価な12%Cr鋼を用いることがないため、コスト面からも極めて合理的なロータである。また、熱応力低減にはロータの中心部に空洞を設けることが効果的であるが、異鋼種溶接ロータでは容易にこの空洞を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る蒸気タービン用ロータの断面図である。

【図2】図1の溶接継手部の拡大断面図である。

【図3】第1の実施の形態に係る蒸気タービン用ロータの製造方法の製作手順を示す説明図である。

【図4】第2の実施の形態に係るガスタービン用ロータ

の断面図である。

【図5】本図のうち、(a)は実施例1で作製した溶接継手部の断面図であり、(b)は(a)の溶接継手部の部位別の硬さを示すグラフである。

【図6】本発明の変形例に係る開先形状を示す拡大断面図である。

【図7】従来の一体型の蒸気タービン用ロータの断面図である。

【図8】従来のボルト結合によるガスタービン用ロータの断面図である。

【符号の説明】

1 蒸気タービン用ロータ

2 12%Cr鋼部材

3, 4, 43 溶接継手部

6 2・1/4CrMoV鋼低合金鋼部材

7 3. 5NiCrMoV鋼低合金鋼部材

10, 14 開先

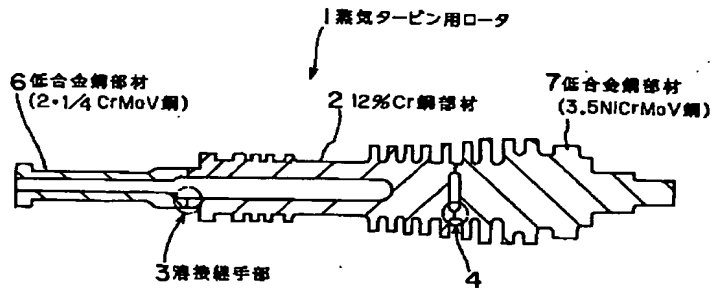
50 12 9%Cr鋼肉盛溶接部

- 16 溶接継手
30 ガスタービン用ロータ
32、35 リング材
33、36 供材溶接部

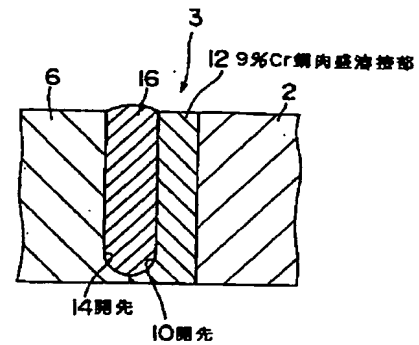
- * 40 低合金鋼
41 12%Cr鋼
46 凹凸形状の開先

*

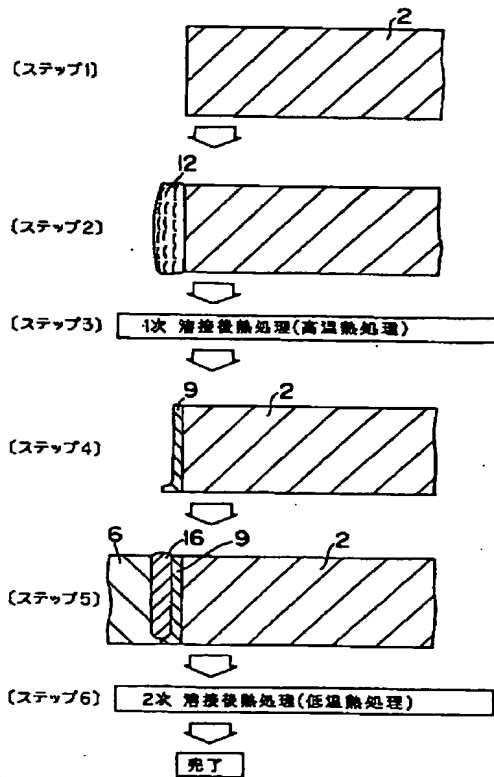
【図1】



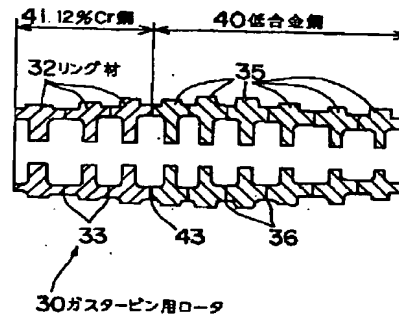
【図2】



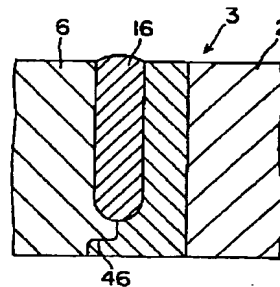
【図3】



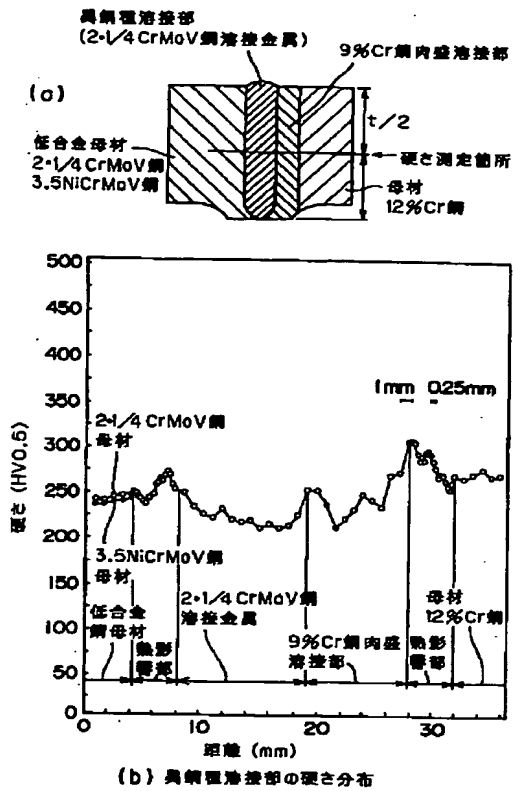
【図4】



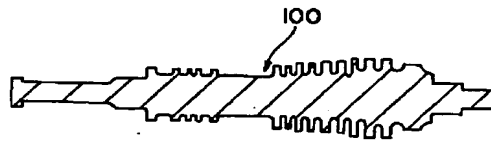
【図6】



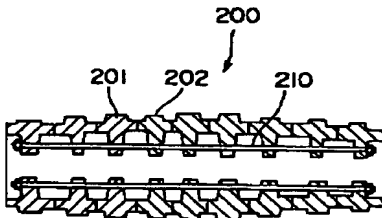
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 城 克英

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 馬越 龍太郎

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 小西 哲

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂製作所内

Fターム(参考) 3G002 AA08 AA11 AA13 AB00